

4-3 氧化還原反應

(一) 氧化還原反應：

A、狹義：

- (1) 物質和氧化合的反應，稱為氧化；物質失去氧的反應，稱為還原。
- (2) 物質失去氫的反應，稱為氧化；物質與氫化合的反應，稱為還原。

B、廣義：

- (1) 物質失去電子的反應，稱為氧化；物質獲得電子的反應，稱為還原。
- (2) 氧化數增加的反應，稱為氧化；氧化數減少的反應，稱為還原。

C、實例：

- (1) $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ \Rightarrow Fe_2O_3 失去氧，被還原；C 得到 O，被氧化。
- (2) $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$ \Rightarrow Zn 失去 2 個電子，被氧化成 Zn^{2+} ；
 Cu^{2+} 得到 2 個電子，被還原 Cu。
- (3) $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ \Rightarrow C 的氧化數由 0 \rightarrow +4，氧化數增加，C 被氧化；O 的氧化數由 0 \rightarrow -2，氧化數減少，O 被還原。

D、常見不屬於氧化還原的反應：

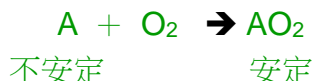
- (1) 離子沉澱反應： $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{AgCl}$ ，各元素氧化數不變，不是氧化還原。
- (2) 酸鹼中和反應： $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ，各元素氧化數不變，不是氧化還原。

E、元素氧化活性的大小順序表：

鉀 > 鈉 > 鈣 > 鎂 > 鋁 > 碳 > 鋅 > 鉻 > 鐵 > 錫 > 鉛 > 氫 > 銅 > 汞 > 銀 > 鉑 > 金
K Na Ca Mg Al C Zn Cr Fe Sn Pb H Cu Hg Ag Pt Au

(二) 氧化還原反應：

A、氧化：活性大的元素，性質活潑，易和氧形成氧化物，性質變得比較安定。



B、還原：活性小的元素，形成的氧化物性質安定，易和氧脫離，保持元素狀態。



C、氧化還原反應：

- (1) 活性大的元素取代活性小的元素，使活性小的元素和氧脫離，稱為氧化還原反應。
- (2) 此種反應方式必定氧化反應和還原反應同時存在。
- (3) 活性小的元素不能取代活性大的元素。
- (4) 容易失去電子的元素，容易發生氧化反應；可以還原容易得到電子的元素或是或化合物。
- (5) 產生氧化反應的物質稱為還原劑；產生還原反應的物質稱為氧化劑。
【註】：氧化劑被氧化；還原劑被還原。

- (6) 若 $\text{A} > \text{B}$ ，則：
元素活性： $\text{A} > \text{B}$ 氧化物的安定性： $\text{AO} > \text{BO}$ 。
氧化反應： $\text{A} \rightarrow \text{AO}$ 還原反應： $\text{BO} \rightarrow \text{B}$ 。
氧化劑： BO 還原劑： A 。

D、實例：

(1) 碳粉加入二氧化鉛混合後，以石棉紙包住，在火焰上加熱的實驗中，則：



元素活性大小： $C > Pb$

氧化物的活性大小： $CO_2 < PbO$ 。

碳粉的顏色為 黑色；

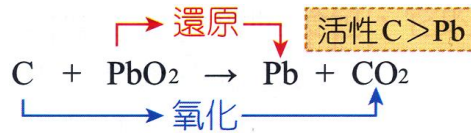
二氧化鉛粉末的顏色為黃色。

氧化反應： $C \rightarrow CO_2$

還原反應： $PbO \rightarrow Pb$ 。

氧化劑： PbO

還原劑： C 。



(2) 鎂帶在二氧化碳中燃燒，會產生白色的氧化鎂及黑色的碳粒子



元素活性的大小： $Mg > C$

氧化物活性大小： $MgO < CO_2$ 。

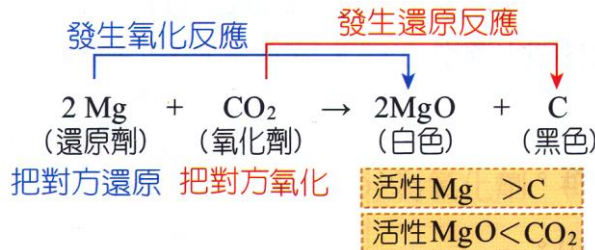
氧化反應： $Mg \rightarrow MgO$

還原反應： $CO_2 \rightarrow C$ 。

還原劑： Mg

氧化劑： CO_2 。

Mg 被 CO_2 氧化成 MgO ； CO_2 被 Mg 還原成 C。



(3) 鎂帶和氧化銅反應產生白色的氧化鎂及赤紅色的金屬銅。



元素活性的大小： $Mg > Cu$

氧化物活性大小： $MgO < CuO$ 。

氧化反應： $Mg \rightarrow MgO$

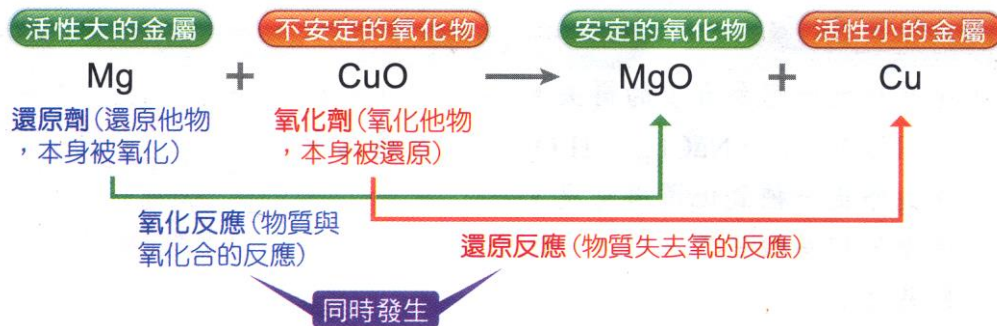
還原反應： $CuO \rightarrow Cu$ 。

還原劑： Mg

氧化劑： CuO 。

Mg 被 CuO 氧化成 MgO ； CuO 被 Mg 還原成 Cu。

此反應結束後，氧化銅的顏色由黑色轉變成紅色



(三) 氧化數：

A、氧化數的用途：

(1) 有些反應不是典型的氧化還原反應，不容易判斷何項物質被氧化，或是被還原。

(2) 氧化數可以了解物質內的各項元素電子得失的變化，藉以判斷是否發生氧化反應或是還原反應。

(3) 元素的氧化數增加，表示該元素失去電子，因此發生氧化反應。

元素的氧化數減少，表示該元素得到電子，因此發生還原反應。

氧化反應所失去的電子數，必等於還原反應所得到的電子數，因此反應中氧化數增加的總和，必等於氧化數減少的總和。(以氧化數平衡方程式係數)

B、規則：

(1) 元素狀態的物質氧化數為零。

例如： O_2 、 H_2 、 N_2 、 O_3 、 S_8 、 P_4 、 Na 、 Cu 等物質，其氧化數皆為零。

(2) 單原子離子的氧化數，即為該元素所帶的電荷數。

例如： Na^+ 、 K^+ 、 H^+ 的氧化數皆為 +1； Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的氧化數皆為 -1。

(3) 化合物中，**氫**的氧化數多為 +1，但**氫與金屬**結合的**氫化物**，氧化數則為 -1。

氧化物中的**氧**元素，其氧化數多為 -2，但**過氧化物**中的**氧**元素，其氧化數則為 -1。

例如： H_2O 中的 H 的氧化數為 +1， O 的氧化數為 -2；

但 H_2O_2 (過氧化氫)中的 H 的氧化數為 +1， O 的氧化數為 -1。

(4) **酸根離子**的氧化數，即為該酸根中各元素的氧化數總和。

CO_3^{2-} 表示碳酸根的氧化數為 -2，然而 O 的氧化數為 -2，3 個 O 為 -6，所以 C 的氧化數為 +4。

SO_4^{2-} 表示硫酸根的氧化數為 -2，然而 O 的氧化數為 -2，4 個 O 為 -8，所以 S 的氧化數為 +6。

(5) 離子化合物溶於水可解離成陽離子與陰離子。

NH_4NO_3 可解離成 NH_4^+ 與 NO_3^- ，其中：

NH_4^+ 的氧化數為 +1，而 H 為 +1，4 個 H 為 +4，所以 N 為 -3；

NO_3^- 的氧化數為 -1，而 O 的氧化數為 -2，3 個 O 為 -6，所以 N 的氧化數為 +5。

【例】：下列物質中畫線部分的元素的氧化數為若干？

物質	$K_2\underline{Cr}O_4$	$Ag\underline{N}O_3$	$Cu\underline{S}O_4$	$H_2\underline{S}O_3$	$\underline{N}H_4\underline{N}O_3$
氧化數					,
物質	$\underline{O}F_2$	$Na\underline{H}$	$\underline{N}H_4Cl$	$\underline{N}H_3$	$K_2\underline{Cr}_2O_7$
氧化數					
物質	$K\underline{Mn}O_4$	$H_2\underline{O}_2$	$(\underline{N}H_4)_3\underline{P}O_4$	$Na\underline{Cl}O_3$	\underline{Fe}_2O_3
氧化數			,		

C、日常生活中常見的氧化還原反應：

(1) 光合作用：

植物以 H_2O 及 CO_2 為原料，合成葡萄糖的反應。

$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ 反應式中：

CO_2 中 C 的氧化數為 +4， $C_6H_{12}O_6$ 中 C 的氧化數為 0，因此 CO_2 發生還原反應。

H_2O 中 O 的氧化數為 -2， O_2 中的氧化數為 0，因此 H_2O 發生氧化反應。

CO_2 是氧化劑， H_2O 是還原劑。

(2) 呼吸作用：

生物將葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)分解產生 CO_2 及 H_2O ，可視為光合作用的逆反應。

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

反應式 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CO_2$ ，其中 C 氧化數由 0 \Rightarrow +4，為氧化反應， $C_6H_{12}O_6$ 為還原劑。

O_2 的氧化數則由 0 \Rightarrow -2，為還原反應， O_2 為還原劑。

(3) 水管暢通劑(通樂)：

以 $NaOH$ 及鋁粉(Al)為原料，加水後進行氧化還原反應。

$2NaOH + 2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_4^- + 2Na^+ + 3H_2$ 反應式中：

Al 的氧化數為 0， $Al(OH)_4^-$ 中 Al 的氧化數為 +3，因此 Al 被氧化， Al 為還原劑。

H_2O 中 H 的氧化數為 +1， H_2 中 H 的氧化數為 0，因此 H_2O 被還原， H_2O 為氧化劑。

(4) 雙氧水消毒：

過氧化氫(H_2O_2)遇血液中的 Fe^{2+} 或 Fe^{3+} 離子作催化劑，催化雙氧水的分解反應。

$2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 反應式中：

H_2O_2 中 O 的氧化數為 -1 ， H_2O 中 O 的氧化數為 -2 ， O_2 中 O 的氧化數為 0 ，

因此 $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 為還原反應， $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$ 為氧化反應，

H_2O_2 同時為還原劑，也是氧化劑，此反應稱為自身氧化還原反應。

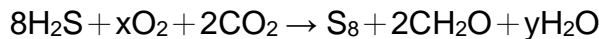
(5) 蘋果削皮後發生氧化反應：

蘋果含大量的 Fe^{2+} 離子，經削皮後，在空氣中遇氧氣會氧化成 Fe^{3+} 離子，形成 Fe_2O_3 或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，因此成黃褐色。

(6) 食物中的抗氧化劑：

體內的化學反應經常會產生對身體有害的活性物質 (未成對電子的化學物質，又稱為自由基)；這些活性物質急需與電子結合成為穩定態，因此具有強大的氧化力。而胡蘿蔔素、維生素 C 或維生素 E 等物質在體內能及時提供電子，降低體內自由基對細胞的傷害，因此胡蘿蔔素、維生素 C、E 等物質作為還原劑，或稱為抗氧化劑。

【題組】硫化菌所進行的反應是屬於氧化還原反應，假設其反應式如下：



當一原子的氧化數上升，表示該原子失去或提供電子，若一原子的氧化數下降，表示該原子得到或接受電子。上式中 O 在 O_2 與 S 在 S_8 的氧化數均為 0 ，而 C 在 CO_2 中的氧化數為 $+4$ ，但在 CH_2O 中為 0 ，一個分子的氧化數總和為 0 。試回答下列2題：

- () 1. 下列有關硫化菌所進行的反應，何者正確？
(A) H_2S 進行還原反應 (B) CO_2 為氧化劑 (C) x 的數值為 4 (D) y 的數值為 4。
- () 2. 針對上述反應式而言，下列哪一選項中的原子，其氧化數在反應前與反應後都相同？
(A) C (B) H (C) O (D) S。

【答案】：(1) B； (2) B

【解析】：(1) $8\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{S}_8 + 2\text{CH}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$ 的反應式中：

S 的氧化數由 $-2 \Rightarrow 0$ ，因此 H_2S 發生氧化反應，生成 S_8 。

方程式的平衡係數 $x=2$ ， $y=6$ 。

(2) 化學反應式中：

CO_2 中 C 的氧化數由 $+4 \Rightarrow 0$ ，發生還原反應；

H_2S 中 H 的氧化數由 $+1 \Rightarrow +1$ ，因此氧化數不變。

O_2 中的 O 氧化數由 $0 \Rightarrow -2$ ，發生還原反應。

H_2S 中 S 的氧化數由 $-2 \Rightarrow 0$ ，發生氧化反應。

【題組】汽車引擎會排放出 CO_2 、 CO 、 NO_x 及碳氫化合物等廢氣，造成空氣汙染。為減低此等廢氣的毒性，可加裝觸媒轉化器。由引擎排出的廢氣在進入大氣之前，先通過觸媒轉化器的第一部分，將 NO 反應成 NH_3 ；之後再引進空氣與其混合，通過第二部分，觸媒轉化器可使廢氣中的 CO 及未完全燃燒的碳氫化合物在較低的溫度下，反應成 CO_2 及 H_2O ，並使氨氣反應成 N_2 及 H_2O ，使排出的廢氣中的碳氫化合物下降至 30 ppm 、 CO 下降至 0.1% 。請依敘述，回答下列2題：

- () 1. 觸媒轉化器並未處理下列哪一種氣體？
(A) CO (B) CO_2 (C) NO (D) CH_4 。
- () 2. 觸媒轉化器的第一部分，將 NO 反應成 NH_3 是屬於哪一種化學反應？
(A) 氧化反應 (B) 還原反應 (C) 酸鹼反應 (D) 離子沉澱反應。

【答案】：(1)B； (2)B

【解析】：觸媒轉化器第一部分將 $\text{NO} \rightarrow \text{NH}_3$ ，其中N的氧化數由 $+2 \rightarrow -3$ ，可知發生還原反應。
而第二部分將 $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ ，其中C的氧化數由 $+2 \rightarrow +4$ ，可知發生氧化反應。
碳氫化合物 $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2$ ，其中C的氧化數由 $-4 \rightarrow +4$ ，可知發生氧化反應。
而 $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$ ，其中N的氧化數由 $-3 \rightarrow 0$ ，可知 NH_3 發生氧化反應。
觸媒轉化器的第一部份進行還原反應，第二部分進行氧化反應。
 CO_2 為觸媒轉化器的產物，不是反應物，因此觸媒轉化器並未處理 CO_2 氣體。

- () 3.美國芝加哥大學的研究人員實驗發現，蝦等甲殼類食物含有濃度較高的五價砷化合物。這種物質食入體內，對人體無毒害作用，但是在服用維生素C後，經化學反應會使原來無毒的五價砷(即砷酸酐，亦稱五氧化二砷，化學式為 As_2O_5)，轉變為有毒的三價砷(即亞砷酸酐，亦稱三氧化二砷，化學式為 As_2O_3)，這就是俗稱的砒霜。關於此化學反應的敘述，何者正確？
(A)維生素C作氧化劑 (B)維生素C被氧化 (C) As_2O_3 被還原 (D)不是氧化還原反應
(E)是一種酸鹼反應。

【答案】：(B)

【解析】：服用維生素C後， $\text{As}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{As}_2\text{O}_3$ ，因此五價砷會轉變為三價砷，可知砷被還原，而維生素C則被氧化，因此維生素C為還原劑，又稱為抗氧化劑。
此化學反應中， As_2O_5 被還原成 As_2O_3 ， As_2O_5 為氧化劑，此反應為氧化還原反應。

- () 4.氮化鋁(AlN)具有耐高溫、抗衝擊、導熱性好、……等優良性質，被廣泛應用於電子工業、陶瓷工業等領域。在一定的條件下，氮化鋁可通過如下的反應合成：
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 3\text{C} \xrightarrow{\Delta} 2\text{AlN} + 3\text{CO}$ 。下列有關此反應的敘述，何者正確？
(A)在氮化鋁的合成反應中， N_2 是還原劑， Al_2O_3 是氧化劑 (B)上述反應中，每生成2莫耳 AlN ， N_2 就得到3莫耳電子 (C)氮化鋁中，氮元素氧化數為 -3 (D)氮化鋁晶體屬於分子晶體。

【答案】：(C)

【解析】：(A)此反應中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 3\text{C} \xrightarrow{\Delta} 2\text{AlN} + 3\text{CO}$ ，其中 N_2 被還原(氧化數由 $0 \rightarrow -3$)因此 N_2 為氧化劑；而 C 則被氧化(氧化數由 $0 \rightarrow +2$)， C 是還原劑。
(B)此生成2莫耳 AlN 時，需要1莫耳的 N_2 ，其中N的氧化數由 $0 \rightarrow -3$ ，因此1莫耳的 N_2 共獲得6莫耳的電子。
(D) $\text{AlN} \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{N}^{3-}$ ，可知 AlN 兩種離子結合成為 AlN 離子晶體。